

## РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ШЛАМОХРАНИЛИЩА КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА (Г. БЕРЕЗНИКИ, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Корсакова Е. С.<sup>1</sup>, Шестакова Е. А.<sup>1</sup>, Хайрулина Е. А.<sup>2</sup>,  
Назаров А. В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

С использованием индекса Шеннона оценено разнообразие бактерий-деструкторов фталевой кислоты, нафталина и бифенила шлама и почвы в условиях техногенного засоления. Установлено, что разнообразие изученных сообществ бактерий-деструкторов сильно зависит от концентрации соответствующих веществ загрязнителей, при этом не выявлено значительного негативного влияния имеющегося техногенного засоления на разнообразие бактерий.

*Ключевые слова:* техногенное засоление, калийное производство, шлам, почва, разнообразие бактерий.

**Актуальность и цель работы.** В настоящее время засоление территорий является одним из наиболее распространенных процессов, негативно влияющих на окружающую среду. Однако при этом до сих пор слабо изучены микробные сообщества почв и грунтов при их техногенном засолении с сопутствующим загрязнением токсичными органическими соединениями. Между тем эти данные необходимы для прогноза способности данных сред к самоочищению и разработки стратегии их биоремедиации.

**Цель** настоящей работы – оценка разнообразия бактерий-деструкторов фталевой кислоты, нафталина и бифенила шлама и почвенного покрова на берегу шламохранилища в условиях техногенного засоления.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлось шламохранилище Березниковского рудоуправления, расположенного в окрестностях г. Березники Пермского края. В шламохранилище поступают глинисто-солевые отходы, образующиеся в процессе обесшламливания сильвинитовой руды. Они состоят из 35-40% водорастворимых солей (в основном NaCl и KCl) и 60-65% нерастворимого осадка. Используемые при флотации

различные реагенты обогащают отходы сложными токсичными органическими соединениями, которые с фильтрационными водами могут мигрировать в окружающей среде.

В качестве материалов исследования были отобраны образцы шлама и почвенного субстрата, представленного техногенными почвами, в непосредственной близости от шламохранилища. Почвенный субстрат (образец 1) был отобран с берега шламохранилища в 3 м от рассола, пробы шлама (образец 2) – в 1 м от рассола, и образец 3 – возле уреза рассола. Отбирался верхний слой шлама и почвенного субстрата на глубине 0–10 см.

Для оценки общего содержания водорастворимых солей в почвенном субстрате и шламах определяли плотный остаток водной вытяжки из почвы и шламов общепринятыми методами [1]. Определение содержания катионов Na<sup>+</sup> осуществляли на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-6300 («Shimadzu», Япония). Органические загрязнители определяли в хлороформенных экстрактах проб с использованием хромато-масс-спектрометра Agilent 6890/5973N («Agilent», США), хроматограммы анализировали в программе MSD Productivity ChemStation («Agilent», США), идентифика-

цию веществ осуществляли по масс-спектрам с применением библиотеки NIST 98. Количественное определение органических веществ проводили методом градуировки по площадям пиков.

Микробиологический анализ образцов проводили общепринятыми методами посева [2]. Биоразнообразие сообществ бактерий-деструкторов оценивали с помощью индекса Шеннона, используя дифференцированный подсчет колоний, принадлежащих к разным морфотипам [3]. В работе использовали среду Раймонда (г/л):  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – 2,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,2,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 2,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 3,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  – 0,1,  $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  – 0,01 [4].  $\text{NaCl}$  добавляли в среды до конечной концентрации 5%. Для получения агаризованных сред вносили агар («Sigma», США) 15 г/л. В качестве ростовых субстратов использовали нафталин, бифенил или орто-фталевою кислоту в количестве 1 г/л.

**Результаты.** Химический анализ отобранных с территории шламохранилища проб почвенного субстрата и шламов показал высокую степень их засоленности, а также значительное содержание органических загрязнителей (алканов, полициклических углеводородов, моноароматических углеводородов, эфиров фталевой кислоты). При этом в большинстве случаев концентрация солей и органических загрязнителей возрастала с уменьшением расстояния от рассола, на котором была отобрана проба. Исключение составляет образец шлама 1, содержащий в 1915 меньшее количество эфиров фталевой кислоты, чем почва. Химический состав отобранных проб приведен ниже.

Образец 1. Содержание плотного остатка водной вытяжки – 1,8%,  $\text{Na}^+$  – 11079,3 мг/кг, алканов – 31020,5 мг/кг, полициклических углеводородов – 946,2 мг/кг, эфиров фталевой кислоты – 191,5 мг/кг. Моноароматические углеводороды не обнаружены.

Образец 2. Содержание плотного остатка водной вытяжки – 3,2%,  $\text{Na}^+$  – 16634,5 мг/кг, алканов – 61614,7 мг/кг, моноароматических углеводородов – 14,0 мг/кг, полициклических углеводородов – 1663,8 мг/кг, эфиров фталевой кислоты – 0,1 мг/кг.

Образец 3. Содержание плотного остатка водной вытяжки – 12,1%,  $\text{Na}^+$  – 24099,3 мг/кг, алканов – 117066,9 мг/кг, моноароматических углеводородов – 514,2 мг/кг, полициклических

углеводородов – 4017,4 мг/кг, эфиров фталевой кислоты – 5653,2 мг/кг.

Выявлена зависимость разнообразия бактерий-деструкторов в образцах от концентрации в них органических загрязнителей. С повышением концентрации эфиров фталевой кислоты в образцах, как правило, увеличивался индекс Шеннона бактериального сообщества деструкторов орто-фталевою кислоты, а с возрастанием содержания моно- и полиароматических углеводородов увеличивался индекс Шеннона бактерий-деструкторов нафталина и бифенила. При этом не выявлено значительного негативного влияния техногенного засоления на разнообразие бактерий, так как наиболее загрязненные органическими соединениями образцы являлись также и наиболее засоленными и имели, как уже было сказано, большее разнообразие бактерий-деструкторов.

Так индекс Шеннона для почвенных сообществ бактерий-деструкторов орто-фталевою кислоты составлял 2,69, деструкторов нафталина – 1,69, деструкторов бифенила – 0,97. Значение индекса Шеннона для сообществ шлама 1 и шлама 2 для бактерий-деструкторов орто-фталевою кислоты – 1,96 и 2,16, соответственно, деструкторов нафталина – 2,38 и 3,28, деструкторов бифенила – 2,30 и 1,53.

Таким образом, разнообразие изученных сообществ бактерий-деструкторов сильно зависит от концентрации соответствующих веществ загрязнителей, при этом не выявлено значительного негативного влияния имеющегося техногенного засоления на разнообразие бактерий.

Работа поддержана грантами РФФИ-Урал № 13-04-96048 «Изучение механизмов функционирования микробно-растительных систем в условиях засоления почвы» и РФФИ № 15-05-07461 «Ландшафтно-геохимическая структура в условиях техногенного галогенеза».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минеев В. Г. (ред.) Практикум по агрохимии МГУ, Москва 2001.
2. Звягинцев Д. Г. (ред.) Методы почвенной микробиологии и биохимии. МГУ, Москва 1991.
3. Широких И. Г., Товстик Е. В., Дабах Е. В., Ашихмина Т. Я. Почвоведение 2013, 7, 860-866.
4. Розанова Е. П., Назина Т. Н. Микробиология 1982, 51, 324-348.

**DIVERSITY OF BACTERIA-DESTRUCTORS OF ORGANIC  
POLLUTANTS FROM SLUDGE STORAGE OF POTASH PRODUCTION  
(BEREZNIKI, PERM KRAI)**

**Korsakova E. S.<sup>1</sup>, Shestakova E. A.<sup>1</sup>, Khairulina E. A.<sup>2</sup>, Nazarov A. V.<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, UB RAS; <sup>2</sup>Perm State National  
Research University, Perm, Russia*

With the use of the Shannon index the diversity of bacteria-destructors of phthalic acid, naphthalene and biphenyl from sludge and soil was evaluated under the conditions of technogenic salinization. It was found that a variety of analyzed communities of bacteria-destructors was highly dependent on the concentration of the relevant polluting substances, while significant negative effect of technogenic salinization on a variety of bacteria was not observed.

---

---